

FIG. 1
(Prior Art)

Switch position	1	2	3	4	5	6	7	8
ϵ (%)	-7	-5	-3	-1	1	3	5	7
Sequential sw. seq.	1	2	3	4	5	6	7	8
ϵ (%)	-7	-5	-3	-1	1	3	5	7
INL (%)	-7	-12	-15	-16	-15	-12	-7	0
Symmetrical sw. seq.	7	5	3	1	2	4	6	8
ϵ (%)	-1	+1	-3	+3	-5	+5	-7	+7
INL (%)	+1	0	+3	0	+5	0	+7	0

FIG. 1A
(Prior Art)

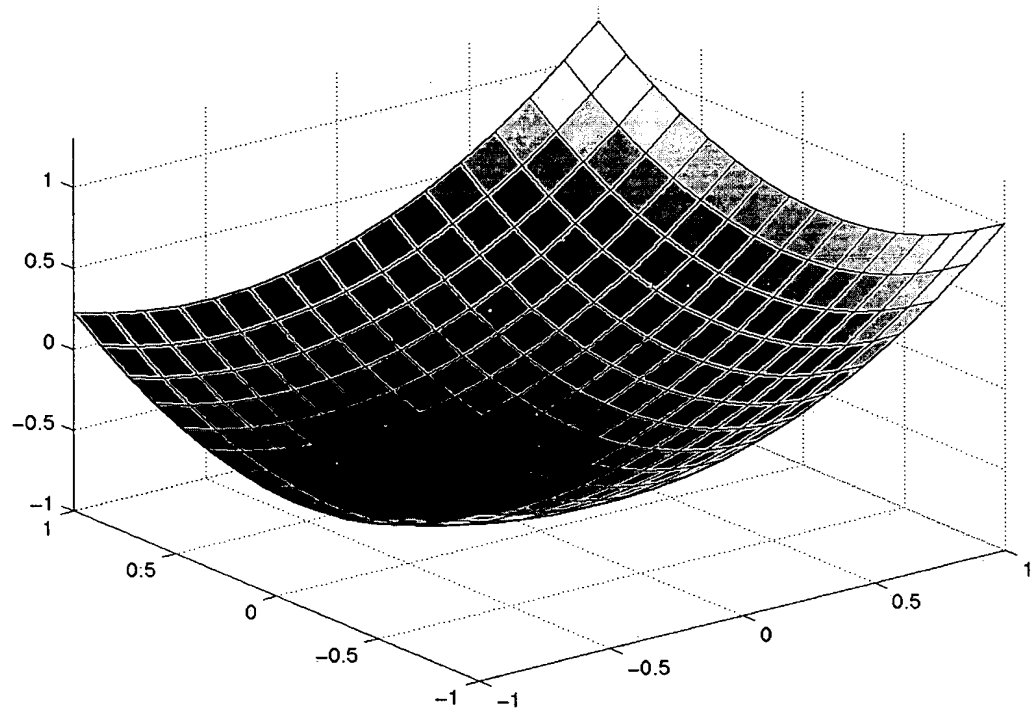


FIG. 2

a			
		g	
	h		
			b

FIG. 3

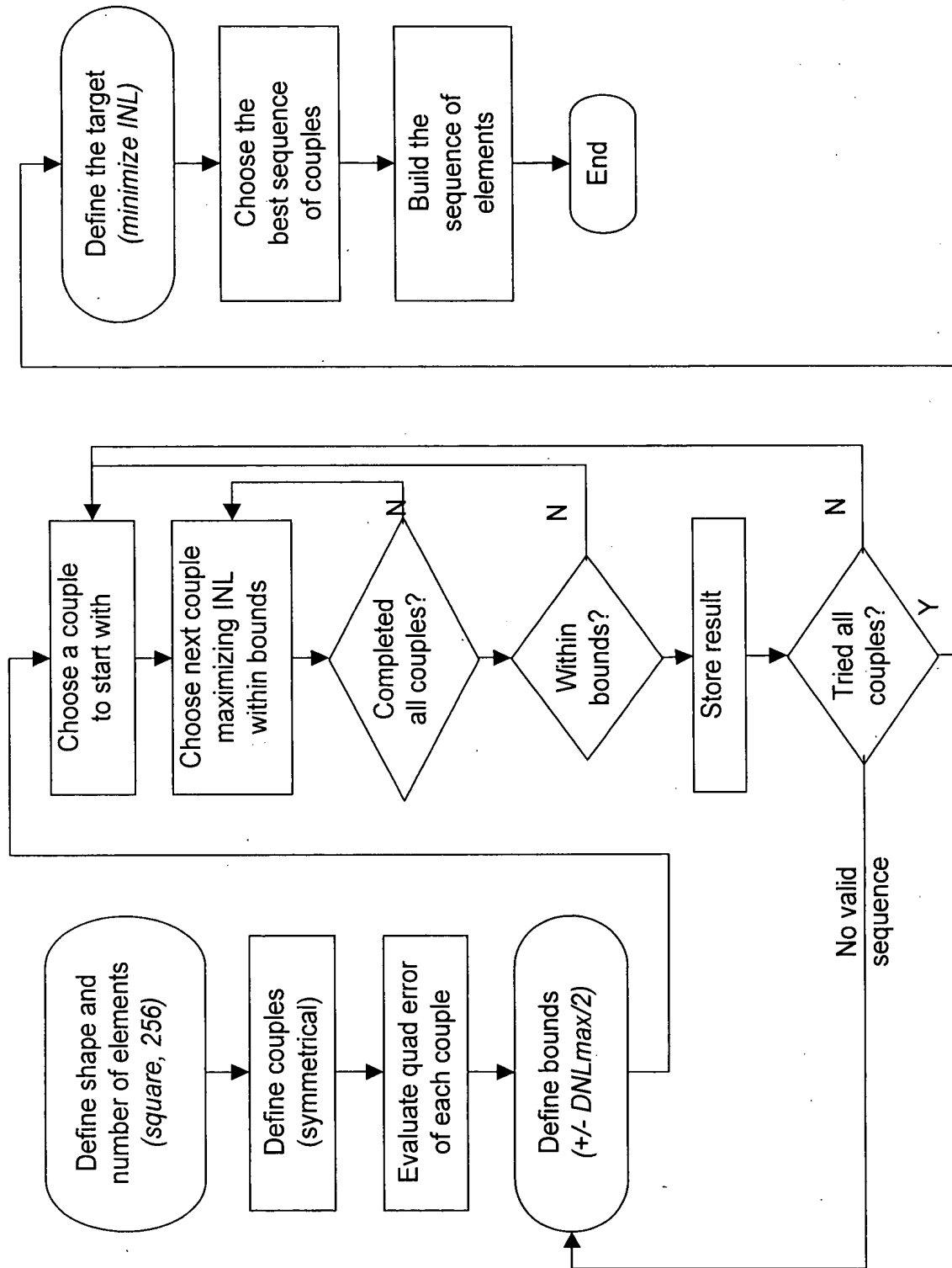


FIG. 4

This work = 14-bit DAC

7	13	25	43	63	1	85	93	95	89	71	67	51	31	19	249
237	37	55	73	99	113	41	47	123	119	117	103	77	59	219	243
225	197	81	107	125	23	5	101	105	29	35	127	109	175	201	231
205	179	147	121	111	11	87	79	83	91	17	115	135	149	183	213
189	153	129	141	97	69	61	49	53	65	75	159	145	131	157	193
185	139	221	239	181	57	39	27	33	45	199	187	245	233	143	255
167	137	227	165	191	211	21	9	15	235	217	195	169	251	215	171
161	133	151	173	203	223	241	3	253	247	229	207	177	155	209	163
164	210	156	178	208	230	248	254	4	242	224	204	174	152	134	162
172	216	252	170	196	218	236	16	10	22	212	192	166	228	138	168
256	144	234	246	188	200	46	34	28	40	58	182	240	222	140	186
194	158	132	146	160	76	66	54	50	62	70	98	142	130	154	190
214	184	150	136	116	18	92	84	80	88	12	112	122	148	180	206
232	202	176	110	128	36	30	106	102	6	24	126	108	82	198	226
244	220	60	78	104	118	120	124	48	42	114	100	74	56	38	238
250	20	32	52	68	72	90	96	94	86	2	64	44	26	14	8

FIG. 5

Row - Column		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48		
49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64		
65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80		
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96		
97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112		
113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128		
129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144		
145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160		
161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176		
177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192		
193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208		
209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224		
225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240		
241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256		

FIG. 6

(Prior Art)

Seq Row-Column Symm

255	253	251	249	247	245	243	241	239	237	235	233	231	229	227	225
223	221	219	217	215	213	211	209	207	205	203	201	199	197	195	193
191	189	187	185	183	181	179	177	175	173	171	169	167	165	163	161
159	157	155	153	151	149	147	145	143	141	139	137	135	133	131	129
127	125	123	121	119	117	115	113	111	109	107	105	103	101	99	97
95	93	91	89	87	85	83	81	79	77	75	73	71	69	67	65
63	61	59	57	55	53	51	49	47	45	43	41	39	37	35	33
31	29	27	25	23	21	19	17	15	13	11	9	7	5	3	1
2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64
66	68	70	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90	92	94	96
98	100	102	104	106	108	110	112	114	116	118	120	122	124	126	128
130	132	134	136	138	140	142	144	146	148	150	152	154	156	158	160
162	164	166	168	170	172	174	176	178	180	182	184	186	188	190	192
194	196	198	200	202	204	206	208	210	212	214	216	218	220	222	224
226	228	230	232	234	236	238	240	242	244	246	248	250	252	254	256

FIG. 7

(Prior Art)

12-bit DAC															
222	158	94	30	62	126	190	254	250	186	122	58	26	90	154	218
214	150	86	22	54	118	182	246	242	178	114	50	18	82	146	210
206	142	78	14	46	110	174	238	234	170	106	42	10	74	138	202
198	134	70	6	38	102	166	230	226	162	98	34	2	66	130	194
229	165	101	37	5	69	133	197	193	129	65	1	33	97	161	225
237	173	109	45	13	77	141	205	201	137	73	9	41	105	169	233
245	181	117	53	21	85	149	213	209	145	81	17	49	113	177	241
253	189	125	61	29	93	157	221	217	153	89	25	57	121	185	249
251	187	123	59	27	91	155	219	223	159	95	31	63	127	191	255
243	179	115	51	19	83	147	211	215	151	87	23	55	119	183	247
235	171	107	43	11	75	139	203	207	143	79	15	47	111	175	239
227	163	99	35	3	67	131	195	199	135	71	7	39	103	167	231
196	132	68	4	36	100	164	228	232	168	104	40	8	72	136	200
204	140	76	12	44	108	172	236	240	176	112	48	16	80	144	208
212	148	84	20	52	116	180	244	248	184	120	56	24	88	152	216
220	156	92	28	60	124	188	252	256	192	128	64	32	96	160	224

FIG. 8

(Prior Art)

Q2 Random Walk															
39	71	151	215	43	75	155	219	36	68	148	212	47	79	159	223
103	231	23	183	107	235	27	187	100	228	20	180	111	239	31	191
167	7	247	119	171	11	251	123	164	4	244	116	175	15	255	127
199	135	87	55	203	139	91	59	196	132	84	52	207	143	95	63
35	67	147	211	41	73	153	217	45	77	157	221	34	66	146	210
99	227	19	179	105	233	25	185	109	237	29	189	98	226	18	178
163	3	243	115	169	9	249	121	173	13	253	125	162	2	242	114
195	131	83	51	201	137	89	57	205	141	93	61	194	130	82	50
48	80	160	224	33	65	145	209	40	72	152	216	38	70	150	214
112	240	32	192	97	225	17	177	104	232	24	184	102	230	22	182
176	16	256	128	161	1	241	113	168	8	248	120	166	6	246	118
208	144	96	64	193	129	81	49	200	136	88	56	198	134	86	54
37	69	149	213	46	78	158	222	44	76	156	220	42	74	154	218
101	229	21	181	110	238	30	190	108	236	28	188	106	234	26	186
165	5	245	117	174	14	254	126	172	12	252	124	170	10	250	122
197	133	85	53	206	142	94	62	204	140	92	60	202	138	90	58

FIG. 9

(Prior Art)

INL-bounded		206	174	30	62	195	163	19	51	199	167	23	55	196	164	20	52
238	142	126	94	227	131	115	83	231	135	119	87	228	132	116	84		
110	14	254	222	99	3	243	211	103	7	247	215	100	4	244	212		
78	46	158	190	67	35	147	179	71	39	151	183	68	36	148	180		
193	161	17	49	208	176	32	64	205	173	29	61	204	172	28	60		
225	129	113	81	240	144	128	96	237	141	125	93	236	140	124	92		
97	1	241	209	112	16	256	224	109	13	253	221	108	12	252	220		
65	33	145	177	80	48	160	192	77	45	157	189	76	44	156	188		
201	169	25	57	197	165	21	53	202	170	26	58	200	168	24	56		
233	137	121	89	229	133	117	85	234	138	122	90	232	136	120	88		
105	9	249	217	101	5	245	213	106	10	250	218	104	8	248	216		
73	41	153	185	69	37	149	181	74	42	154	186	72	40	152	184		
203	171	27	59	198	166	22	54	194	162	18	50	207	175	31	63		
235	139	123	91	230	134	118	86	226	130	114	82	239	143	127	95		
107	11	251	219	102	6	246	214	98	2	242	210	111	15	255	223		
75	43	155	187	70	38	150	182	66	34	146	178	79	47	159	191		

FIG. 10

(Prior Art)

best of 1000 random																			
61	69	120	17	133	83	200	88	245	86	241	223	141	76	228	99				
137	24	80	15	226	46	181	93	144	108	161	102	16	29	256	100				
250	197	158	98	138	85	215	164	186	89	238	187	193	4	110	94				
52	131	221	190	227	175	183	167	43	163	10	11	235	165	156	113				
213	147	101	92	210	18	254	95	111	3	224	134	145	75	116	231				
72	206	135	31	162	36	149	62	35	7	107	189	251	168	105	178				
219	19	8	63	194	27	170	146	41	124	125	152	53	54	237	56				
55	28	229	44	179	171	177	73	249	176	1	208	22	174	234	60				
244	39	204	247	202	184	236	121	122	23	42	217	79	67	5	38				
58	212	21	64	157	129	203	150	26	139	14	142	166	230	48	195				
191	126	132	97	140	106	104	45	248	196	34	218	240	153	68	59				
220	47	51	205	185	13	9	71	117	128	211	66	30	12	199	155				
118	169	246	173	225	207	136	180	81	232	222	82	253	78	77	160				
123	209	57	96	114	91	242	214	70	233	84	216	40	192	65	252				
130	182	143	154	6	119	198	74	159	201	20	2	49	127	188	50				
151	103	25	172	239	90	33	148	243	255	87	32	115	37	112	109				

FIG. 11

(Prior Art)

Magic	256	17	33	208	192	81	97	144	128	145	161	80	64	209	225	16
	2	239	223	50	66	175	159	114	130	111	95	178	194	47	31	242
	3	238	222	51	67	174	158	115	131	110	94	179	195	46	30	243
	253	20	36	205	189	84	100	141	125	148	164	77	61	212	228	13
	252	21	37	204	188	85	101	140	124	149	165	76	60	213	229	12
	6	235	219	54	70	171	155	118	134	107	91	182	198	43	27	246
	7	234	218	55	71	170	154	119	135	106	90	183	199	42	26	247
	249	24	40	201	185	88	104	137	121	152	168	73	57	216	232	9
	248	25	41	200	184	89	105	136	120	153	169	72	56	217	233	8
	10	231	215	58	74	167	151	122	138	103	87	186	202	39	23	250
	11	230	214	59	75	166	150	123	139	102	86	187	203	38	22	251
	245	28	44	197	181	92	108	133	117	156	172	69	53	220	236	5
	244	29	45	196	180	93	109	132	116	157	173	68	52	221	237	4
	14	227	211	62	78	163	147	126	142	99	83	190	206	35	19	254
	15	226	210	63	79	162	146	127	143	98	82	191	207	34	18	255
	241	32	48	193	177	96	112	129	113	160	176	65	49	224	240	1

FIG. 12
(Prior Art)

Modified Magic		253	9	237	25	33	213	49	197	254	10	238	26	34	214	50	198
65	181	81	165	157	105	141	121	66	182	82	166	158	142	122			
125	137	109	153	161	85	177	69	126	138	110	154	162	86	178	70		
193	53	209	37	29	233	13	249	194	54	210	38	30	234	14	250		
5	241	21	225	217	45	201	61	6	242	22	226	218	46	202	62		
185	77	169	93	101	145	117	129	186	78	170	94	102	146	118	130		
133	113	149	97	89	173	73	189	134	114	150	98	90	174	74	190		
57	205	41	221	229	17	245	1	58	206	42	222	230	18	246	2		
255	11	239	27	35	215	51	199	256	12	240	28	36	216	52	200		
67	183	83	167	159	107	143	123	68	184	84	168	160	108	144	124		
127	139	111	155	163	87	179	71	128	140	112	156	164	88	180	72		
195	55	211	39	31	235	15	251	196	56	212	40	32	236	16	252		
7	243	23	227	219	47	203	63	8	244	24	228	220	48	204	64		
187	79	171	95	103	147	119	131	188	80	172	96	104	148	120	132		
135	115	151	99	91	175	75	191	136	116	152	100	92	176	76	192		
59	207	43	223	231	19	247	3	60	208	44	224	232	20	248	4		

FIG. 13
(Prior Art)

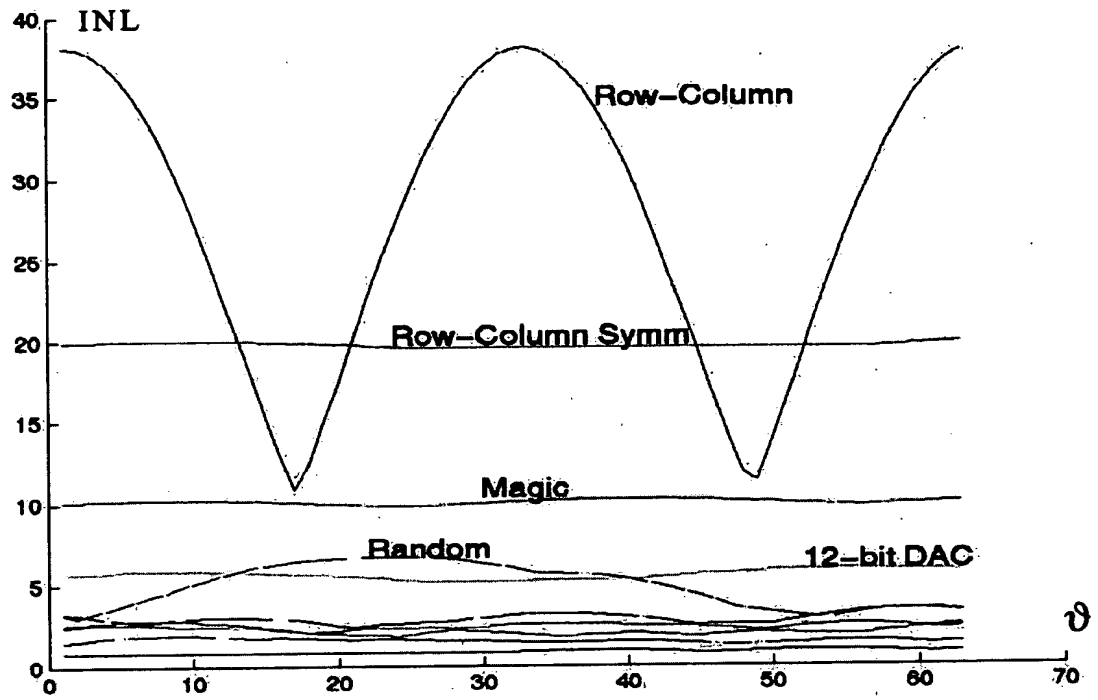


FIG. 14

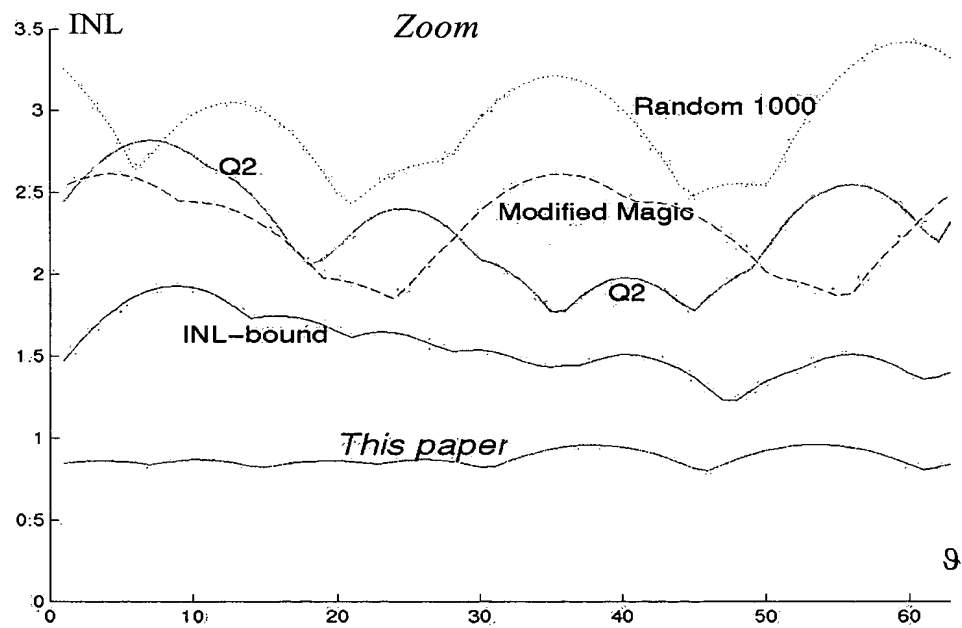


FIG. 15

16 x 16 matrix comparison result ($g_I = g_q = 0.5$)		
Row-Col	Algorithm/Sequence	Maximum absolute INL
	Row-Column basic	38.1
	Row-Column symm. Seq.	20
	Row-Column hier symm seq. [2]	10.2
Hierarchic.	12-bit C05 DAC	5.9
	Q2 random walk [1]	2.8
	Hier. switch, INL-bounded [2]	1.93
Improvements	Random (1 trial)	6.8
	Random (best of 1k trials)	3.4
	Magic	10.2
	Modified Magic	2.6
	<i>This work</i>	0.96

FIG. 16

Maximum absolute INL error			
$g_I =$	0.3	0.5	0.7
$g_q =$	0.7	0.5	0.3
Q ² rand walk	2.26	2.8	3.38
INL-bounded	1.56	1.93	2.4
<i>This work</i>	0.95	0.96	1.04

FIG. 17

13 37 567 947 927 839 126 98 78 58 988 1012
 1017 975 940 911 831 847 840 831 194 182 178 134 114 82 50 8
 969 907 889 815 787 759 755 739 286 270 266 238 210 166 118 66
 31 85 141 201 249 289 317 341 357 366 660 668 684 708 736 776 824 884 940 994
 923 867 791 747 691 656 631 607 581 573 452 444 418 394 370 334 278 234 158 102
 939 931 856 779 723 671 623 577 563 533 523 515 510 502 482 472 448 402 352 246 170 94 26
 951 871 783 715 651 601 567 1019 955 1013 545 555 470 480 12 30 6 168 424 374 310 242 154 74
 903 739 719 647 586 540 521 529 579 536 613 625 400 412 400 446 456 504 482 440 378 306 226 122
 1006 863 827 740 663 589 537 989 563 539 637 686 677 686 340 348 360 388 426 462 36 488 436 362 282 198 162 20
 963 875 771 687 615 547 1007 571 617 661 693 713 703 707 288 292 312 332 384 408 454 18 478 410 338 254 150 62
 915 811 727 636 566 517 567 621 673 706 741 765 777 789 236 248 260 284 320 352 404 458 508 460 390 298 214 110
 879 767 679 593 525 541 609 663 717 753 781 803 821 837 188 204 216 244 272 308 356 416 484 500 432 346 258 146
 835 731 639 561 577 591 645 701 757 801 825 863 869 873 152 156 172 200 224 268 324 380 404 46 484 386 294 190
 795 639 611 531 549 629 689 749 793 829 861 886 901 909 116 124 140 164 196 232 276 336 396 476 494 414 326 230
 981 896 763 675 569 963 587 653 721 763 817 857 893 913 929 941 84 96 112 132 168 208 256 304 372 408 42 456 360 262 130 44
 971 851 751 640 551 1001 603 681 745 806 845 881 917 946 953 966 60 72 80 108 144 180 220 280 344 422 24 474 382 274 174 54
 965 839 1023 627 539 536 633 637 761 813 865 906 937 967 979 986 40 46 68 88 120 160 212 284 328 382 490 486 338 2 186 70
 935 819 711 619 527 569 641 709 773 833 877 921 949 973 1003 1009 16 22 52 76 104 148 192 252 316 384 466 498 406 314 206 90
 919 807 703 606 519 575 649 725 786 841 889 926 961 981 1015 1021 4 10 34 64 100 136 184 240 300 376 450 506 460 322 218 106
 887 803 695 597 513 583 657 729 797 849 897 933 963 987 28 56 92 128 176 228 296 368 442 512 428 330 222 108
 137 217 329 427 511 441 367 295 227 175 127 91 55 27 988 974 904 836 858 730 658 584 514 538 636 804 888
 105 217 321 419 506 449 375 239 239 183 136 99 63 33 3 1022 1016 982 962 926 890 842 796 726 650 576 520 606 704 808 920
 89 206 313 406 497 466 383 315 251 191 147 103 75 51 21 15 1010 1004 974 960 922 878 834 774 710 642 560 528 620 712 820 936
 69 186 1 397 486 489 391 327 263 211 159 119 87 67 45 39 986 980 958 938 906 866 814 762 698 634 536 540 628 1024 840 956
 53 173 273 381 473 23 421 943 279 219 179 140 107 79 71 59 966 964 946 918 882 846 806 746 682 604 1002 552 644 752 862 972
 40 129 261 349 456 41 437 371 303 256 207 167 131 111 95 83 942 930 914 894 858 818 770 722 654 588 984 570 676 764 896 982
 229 325 413 493 475 395 336 275 231 196 163 139 123 115 910 902 886 862 830 794 750 690 630 580 532 612 700 796
 189 293 386 463 47 493 379 323 267 223 199 171 156 151 874 870 884 826 802 758 702 646 592 578 562 640 732 836
 145 257 345 431 459 483 415 395 307 271 243 215 203 187 838 822 810 782 754 718 670 610 542 526 594 680 768 880
 109 213 297 389 459 507 457 403 361 319 283 263 247 236 190 778 766 742 706 674 622 568 518 566 636 728 812 916
 61 149 253 337 409 477 17 453 407 363 331 311 291 287 738 734 714 694 662 618 572 1008 948 616 688 772 876 964
 19 161 197 281 361 435 487 35 461 425 387 369 347 339 686 678 666 638 600 584 590 538 530 522 544 596 648 744 828 884 1006
 121 225 306 377 439 481 503 496 445 429 411 389 626 614 596 580 530 522 544 596 648 744 828 884 1006
 73 163 241 309 373 423 467 5 29 11 479 469 556 946 1014 966 1020 538 602 662 716 794 872 962
 25 93 169 245 301 353 401 447 471 491 501 509 516 524 534 554 578 624 672 724 780 886 932 1000
 101 157 233 277 333 369 393 417 443 451 574 608 632 656 692 748 792 868 924
 936 939 883 823 775 736 707 683 667 669 666 642 618 230 250 202 142 86 32
 65 117 166 209 237 266 269 286 740 756 760 788 816 860 908 960
 7 49 81 113 133 177 181 193 832 844 848 832 912 944 976 1018
 1011987 57 77 97 125 900 928 946 968 98 14

FIG. 18